

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Takeshi SAKAMOTO et al.

Application No.:

Group Art Unit: Unassigned

Filed: October 21, 2003

Examiner: Unassigned

For: WAVELENGTH-DIVISION MULTIPLEXING OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND REPEATER STATION THEREIN

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicants submits herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2002-306804

Filed: October 22, 2002

It is respectfully requested that the applicants be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: Oct 22, 2003

By: Mark J. Henry
Mark J. Henry
Registration No. 36,162

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年10月22日
Date of Application:

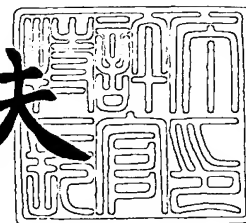
出願番号 特願2002-306804
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2002-306804]

出願人 富士通株式会社
Applicant(s):

2003年 9月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3071829

【書類名】 特許願

【整理番号】 0251324

【提出日】 平成14年10月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/10

【発明の名称】 波長多重光伝送システムおよびその中継局

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 坂本 剛

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 和田 哲雄

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 都知木 義則

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100084711

【弁理士】

【氏名又は名称】 斉藤 千幹

【電話番号】 043-271-8176

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015222

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704946

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長多重光伝送システムおよびその中継局

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光損失媒質と該光損失媒質における損失を補償するための光増幅器やラマンアンプが従属接続された波長多重光伝送システムにおいて、

ラマンアンプの励起比率を調整することにより次段の光増幅器に入力する光パワーレベルを均一にするパワーレベル均一化手段、

送信端にてパワーレベルを調整して受信端の光SNRを均一にする光SNR均一化手段、

光SNR均一化制御の前後における各波長のパワー変化分を表す補正值を取得する補正值取得手段、

を備え、

前記パワーレベル均一化手段は、ラマンアンプでのパワーレベル均一化制御に際して、前回の光SNR均一化制御前後における各波長のパワー変化分を表わす前記補正值を使用して均一化制御を行い、しかる後、前記光SNR均一化手段は光SNR均一化制御を行う、

ことを特徴とする波長多重光伝送システム。

【請求項 2】 前記補正值取得手段は、中継局に設けられた監視制御装置であり、該監視制御装置は、ラマンアンプに設けられたスペクトルアナライザが検出した光SNR均一化制御前後における各波長の光パワーの差分を前記補正值として算出し、光パワー均一化制御に際して、該スペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正值を減算して減算結果をラマンアンプに入力し、

ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とする請求項1記載の波長多重光伝送システム。

【請求項 3】 監視制御信号を各中継局と送受信可能な外部制御装置を備え、

該外部制御装置は光SNR均一化制御前後の光パワーデータを入力されて前記補正值を計算し、ラマンアンプによる前記光パワー均一化制御に際して監視制御信号を用いて該補正值をラマンアンプに送付し、ラマンアンプは該光パワー均一化

制御時における光パワーデータから前記補正値を減算した値を用いて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とす請求項1記載の波長多重光伝送システム。

【請求項4】 光損失媒質と該光損失媒質における損失を補償するための光増幅器やラマンアンプが従属接続された波長多重光伝送システムの中継局において、

ラマンアンプの励起比率を調整することにより次段の光増幅器に入力する光パワーレベルを均一にするパワーレベル均一化手段、

受信端の光SNRを均一にするための送信端における光SNR均一化制御の前後における各波長のパワー変化分を表す補正値を取得する補正値取得手段、

を備え、

前記パワーレベル均一化手段は、ラマンアンプでのパワーレベル均一化制御に際して、前回の光SNR均一化制御前後における各波長のパワー変化分を表わす前記補正値を使用して均一化を行う、

ことを特徴とする波長多重光伝送システムの中継局。

【請求項5】 前記補正値取得手段は、中継局に設けられた監視制御装置であり、該前後における各波長のパワー変化分を表わす監視制御装置は、ラマンアンプに設けられたスペクトルアナライザが検出した光SNR均一化制御前後における各波長の光パワーの差分を前記補正値として算出し、光パワー均一化制御に際してスペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正値を減算して減算結果をラマンアンプに入力し、

ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とすることを特徴とする請求項4記載の中継局。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長多重光伝送システム及びその中継局に係わり、特に、光増幅器の利得や伝送路光ファイバの損失などの波長依存性によって生じる受信光パワーのチャンネル間偏差(波長間偏差)を抑圧することにより光伝送システムの大容量化

、長距離化を実現する波長多重光伝送システム及び中継局に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

波長多重光増幅中継伝送システムにおける受信光パワーのチャンネル間ばらつき(波長間ばらつき)は、波長多重信号が通過する光損失媒質(光デバイス、光増幅器、光伝送路)などの特性、波長依存性に起因し、その要因と特徴により以下のような成分に分類される。

- 1) 光伝送路、光デバイスの損失波長依存性、光伝送路のラマン効果などに起因するスロープ(一次傾斜)成分。
- 2) 光増幅器の利得の波長依存性などに起因するうねり(比較的緩やかにスペクトル形状が上下する)成分。
- 3) 光増幅器内の利得等化器、OADM(Optical Add/Drop Multiplexer)などに使用する光デバイス、各チャンネルの送信器出力レベル偏差および波長多重後の調整誤差などに起因するリップル(0.1~1nmオーダーでの偏差)成分。

【 0 0 0 3 】

これらの要因の結果としておこる、受信端における光パワーのチャンネル間ばらつきは、光SNRのばらつきを発生し、その結果として伝送特性(ビットエラーレートBER)を劣化させることとなり、波長多重光伝送の容量、伝送距離を著しく制限してしまうこととなる。すなわち、多重化された波長のうち、最も低いパワーの波長信号が伝送後の受信パワーの下限值であるので、最大伝送距離は、最も低いパワーの波長信号によって制限される。したがって、伝送後の波長間偏差を低減することが最大中継伝送距離を拡大させる上で重要となる。

【 0 0 0 4 】

その対策として、波長に対する光スペクトルのスロープ(波長特性の一次傾斜)、うねりの成分をラマンアンプの励起光の励起比率を変えることによって取り除く平坦化制御や送信端での光出力レベルをチャンネル毎に変えて、受信端での光SNR (Signal to Noise Ratio) を均一にする光プリアンファシス制御がある。

ラマンアンプの平坦化制御は、各ノード(光中継局)の光増幅器への入力レベルをできる限り均一にすることを目的とし、プリアンファシス制御は各チャンネルの

光SNRを計算または測定し、送信端での出力レベルを調整して受信端での光SNRを均一化することを目的としている。これらの制御を行うことによって、システム全体としての光SNR特性を向上させ、より大容量、長距離の伝送を可能としている。

【0005】

図14は光プリエンファシス制御の説明図である(特開平2001-203414号公報)。光送信局11内の光送信器11aで生成されたWDM(Wavelength division multiplexing)光信号は、光伝送路12に設けられた複数個の光中継局13a、13b、…13nで光伝送路12の損失や光中継局13a、13b、…13nの損失を補償するために増幅されて、光受信局14に伝送され、光受信器14aにより受信、処理される。光中継局13a、13b、…13nの損失は、局内の分散補償ファイバなどの光部品によって生じる。

【0006】

WDM光信号は、光送信器11aから光伝送路12へ送出される際、光送信局内のプリエンファシス制御回路11bによってプリエンファシスが施される。すなわち、プリエンファシス制御回路11bは、光受信局14より受信した全チャネルの光SNRの平均値と各チャネルの光SNRの差を演算し、該差を補償するように各チャネルの光レベルを光減衰器11cで調整し、光送信器11aは該調整された全チャネルの光信号を波長多重して光伝送路12へ送出する。そして、各波長光信号の光SNRは、光受信局14に備えられた光SNR測定回路14bによって測定され、回線15を介して光送信局11に送信され、以後上記プリエンファシス制御が繰り返される。以上により光受信局14において光SNRが均一になるように制御される。

【0007】

図15はラマンアンプの平坦化制御の構成図である。

ラマンアンプは図16に示すように励起光波長から増幅媒体のラマンシフト量だけシフトされた信号波長に利得を生じるものであり、ラマンシフト量及びラマン帯域は増幅媒体固有に与えられるものである。従って、励起波長を長波長側にシフトすると利得の中心波長及び利得帯域が励起波長のシフト量と同じだけ長波長側にシフトする。また、励起波長が僅かずつ異なる励起光源を一括して増幅媒体に入力することにより図17に示すように広帯域の光増幅が可能である。また、利得

は励起光波長のパワーが大きいほど大きくなるように変化するから、各励起波長のパワーを制御することにより任意の利得特性をラマンアンプに付与することができる(特開平2002-72262号公報)。

【0008】

複数の信号光(WDM信号光)が波長多重されて、ラマンアンプ20の入力側から後方励起されたラマンアンプ増幅媒体21に入力する。波長多重部22は中心波長が異なる励起光源ブロック23a、23b、23cからの波長 λ_{p1} ～ λ_{p3} の励起光を多重して合波カップラ24に入力する。合波カップラ24は、波長 λ_{p1} ～ λ_{p3} の励起光と波長多重した主信号光とを合波してラマンアンプ増幅媒体21に供給する。スペクトルアナライザ25は光増幅器26の入力部あるいは出力部(図では入力部)のスペクトルを検出して励起光制御部27に入力する。励起光制御部27は、スペクトルアナライザ25の出力より波長特性の傾斜(チルト)を計算し、該波長特性と逆特性となるように各励起光のパワーを計算して励起光源ブロック23a、23b、23cに入力する。この結果、励起光源ブロック23a、23b、23cは入力されたパワーに応じた強さ(励起比率)を有する波長 λ_{p1} ～ λ_{p3} の励起光を発生し、補償対象区間の光伝送路で発生するチルトを補正し、波長特性を平坦化して光増幅器26に入力する。

以上の補償方式により、受信端におけるチャネル間の光パワー偏差、光SNR偏差を最小限に抑え、大容量、長距離の伝送を可能にする。

また、光伝送路に設けられた複数の光増幅器間に減衰度が可変な光アッテネータを設け、該光アッテネータにより波長特性を平坦にする技術もある(特開平2002-84024号公報)。

【特許文献1】 特開平2001-203414号公報

【特許文献2】 特開平2002-72262号公報

【特許文献3】 特開平2002-84024号公報

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

ラマンアンプによる平坦化制御は、光プリアンファシス制御を行うために送信端に配置される各チャネルの光減衰器の減衰量に十分な余裕があれば、予めスペクトルのスロープ、うねりの成分を除去する方法として非常に有効である。

しかし、ラマンアンプの平坦化制御が、光増幅器の入出力パワーの均一化を目的としているのに対し、光プリアンファシス制御は光SNRの均一化を目的としていることから、両方の制御を併用する際には、以下の①～③について考慮する必要がある。

①各ノードの光増幅器への入力スペクトルが平坦になっていれば、理論上は受信端での光SNRも均一になっているはずである。しかし、ラマンアンプは1乃至数個の励起光で平坦化するため平坦化には限界があり、うねりの成分や、チャンネル毎にレベルに偏差が生じるリプル成分は除去できない。このため、最終的に光SNRを均一化するためには、平坦化後に光プリアンファシス制御を行う必要がある。

②波長多重光伝送システムを導入する場合、そのシステムが大容量、多数の波長をサポートできる機能を有していても、初期は少数波長から導入していくのが普通である。平坦化制御は、各ノードのスペクトラムアナライザの測定結果を見ながら、スペクトルが平坦になるように励起光を調整する制御であるが、初期導入時の数波しかない状態で平坦化したときの励起状態と、最終的に多波長増設された後で平坦化したときの励起状態とは異なっている可能性が高い。できるだけ光プリアンファシス制御に負担を掛けないように、波長数、波長配置毎に最適な平坦化制御を行うためには、波長が増設、減設された時点で平坦化制御を行うのが好ましい。

③以上のように、光特性上最適な状態は、最終的に光プリアンファシス制御で作り出すため、最初に平坦化制御、次に光プリアンファシス制御の順番で制御を行う必要がある。但し、波長の増減設などを行った後には、プリアンファシス制御の負担を軽減するために再度平坦化制御を行う必要があり、その時点で、既存の波長に対してプリアンファシス制御により最適になっていたスペクトル状態を崩してしまう可能性がある。このことはサービス開始後の光信号劣化の要因となり、エラーを引き起こす結果となりうる。かかる状況を避けるためには、増減設後の平坦化制御を行う際、前回のプリアンファシス後のスペクトルを保ちつつ、かつ、増設した波長に対してはできる限り平坦になるような制御を行う必要がある。しかし、特許文献1-3で示した従来技術ではかかる平坦化制御を行っていない

。

以上から本発明の目的は、前回のプリアンファシス後のスペクトルを保ちつつ、かつ、増減設した波長に対してはできる限り平坦になるように波長増減設後の平坦化制御を行えるようにすることである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1は、光損失媒質と該光損失媒質における損失を補償するための光増幅器やラマンアンプが従属接続された波長多重光伝送システムであり、①ラマンアンプの励起比率を調整することにより次段の光増幅器に入力する光パワーレベルを均一にするパワーレベル均一化手段、②送信端にてパワーレベルを調整して受信端の光SNRを均一にする光SNR均一化手段、③光SNR均一化制御前後における各波長のパワー変化分を表す補正值を取得する補正值取得手段を備えている。パワーレベル均一化手段は、ラマンアンプでのパワーレベル均一化制御に際して、前回の光SNR均一化制御前後における各波長のパワー変化分を表わす前記補正值を使用して均一化制御を行い、しかる後、光SNR均一化手段は光SNR均一化制御を行う。

たとえば、前記補正值取得手段を中継局に設けられた監視制御装置とする。監視制御装置は、①ラマンアンプに設けられたスペクトルアナライザが検出した光SNR均一化制御の前後における各波長の光パワーの差分を前記補正值として算出して保持し、②光パワー均一化制御に際して、スペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正值を減算して減算結果をラマンアンプに入力し、③ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う。

本発明の第2は、光損失媒質と該光損失媒質における損失を補償するための光増幅器やラマンアンプが従属接続された波長多重光伝送システムの中継局であり、①ラマンアンプの励起比率を調整することにより次段の光増幅器に入力する光パワーレベルを均一にするパワーレベル均一化手段、②送信端でパワーレベルを調整して受信端の光SNRを均一にする光SNR均一化制御の前後における、各波長のパワー変化分を表す補正值を取得する補正值取得手段を備えている。パワーレベル均一化手段は、ラマンアンプでのパワーレベル均一化制御に際して、前回の光

SNR均一化制御前後における各波長のパワー変化分を表わす前記補正值を使用し、均一化を行う。

たとえば、前記補正值取得手段を中継局に設けられた監視制御装置とする。監視制御装置は、①ラマンアンプに設けられたスペクトルアナライザが検出した光SNR均一化制御の前後における各波長の光パワーの差分を前記補正值として算出して保持し、②光パワー均一化制御に際して、スペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正值を減算して減算結果をラマンアンプに入力し、③ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う。

本発明の波長多重光伝送システム及び中継器によれば、前回のプリエンファシス後のスペクトルを保ちつつ、かつ、増設した波長に対してはできる限り平坦になるように増設後の平坦化制御を行うことができる。

【0011】

【発明の実施の形態】

(A) 本発明の概略

一度プリエンファシス制御を行ってスペクトル形状を最適化した場合、波長増減設時にこの最適化したスペクトル形状を崩さないように平坦化制御(均一化制御)を行うには、上記プリエンファシス制御の前後におけるパワーレベルの変動量を記憶しておき、波長増減設時にその変動量情報を用いて平坦化制御を行う方法が有効である。

具体的には、各チャネル(波長)毎にプリエンファシス後のスペクトル形状についての情報(パワーレベルの変動量)を計算または測定して記憶し、波長増減設時におけるラマンアンプの平坦化制御に際してスペクトラムアナライザからの情報(パワーレベル)から、記憶しておいた情報を減算することで、プリエンファシス制御によって変動したレベルを考慮した上での平坦化制御を行うことが可能になる。

【0012】

(B) 本発明の初期立ち上げ時及び波長増減設時の全体の制御

図1は本発明の初期立ち上げ時及び波長増減設時の全体の処理フローである。波長多重光伝送システムは、例えば図2に示すように送信端51と受信端52との間に光

信号を増幅すると共にチャネル間偏差を補償するための多数の中継局53a～53dが設けられている。送信端、受信端、中継局をノードと呼ぶものとする、図ではノードA～ノードFが設けられている。送信端であるノードA、中継局53a～53dであるノードB～E、受信端52であるノードFには、光増幅器PAMが設けられ、適宜、ラマンアンプRMA、スペクトルアナライザSPAが設けられている。又、送信端51は図14で説明したと同様の構成を備えプリエンファシス制御回路51a、光減衰器51bが設けられ、受信端52には光SNR測定回路54bが設けられている。

【0013】

初期立ち上げ制御において(図1(a))、各ノードの光増幅器及びラマンアンプを上げる(ステップ101)。立ち上げ後、各スペクトルアナライザSPAは光増幅器PAMの入力部あるいは出力部における波長特性(波長毎のパワー)を測定し、各ラマンアンプRMAはスペクトルアナライザSPAにより検出された該波長特性を用いて平坦化制御を行う(ステップ102)。次に光プリエンファシス制御を行うが、光プリエンファシスによってどの程度スペクトル形状が変わったかどうかを見るために、ラマンアンプRMA又は監視制御部(図示せず)はプリエンファシス制御前の情報を収集する。例えば、スペクトルアナライザSPAが測定するプリエンファシス前の波長毎のパワーを保存する(ステップ103)。

【0014】

しかる後、送信端51においてプリエンファシスを行い(ステップ104)、プリエンファシス実行後、ラマンアンプRMAはプリエンファシス後の情報を収集する。例えば、スペクトルアナライザSPAが測定するプリエンファシス後の波長特性(波長毎のパワー)を保存する(ステップ105)。また、プリエンファシス後の波長毎のパワー D_{2n} とプリエンファシス前の波長毎のパワー D_{1n} との差を演算して補正值 D_n として保存する(ステップ106)。この値が実際に使用されるのは、後日の波長増減設時にラマンアンプの平坦化制御を行う場合である。以上により、初期立ち上げ時における処理が終了する。以後、波長増減設などが起きるまではラマンアンプRMAの励起比率は動かさず、一定の励起光を出力しつづける。

かかる状態において、波長増減設が起きると(ステップ151)、ラマンアンプRMAは立上げ時に測定または算出しておいた補正值を使用して、平坦化制御を行う(

ステップ152)。つまり、プリエンファシスによってスペクトル形状が動いた部分に関して、その形状を保つように平坦化制御を行う。例えば、ラマンアンプRMAは、スペクトルアナライザSPAが検出した平坦化制御時の各波長の光パワーから保存してある前記補正値を減算し、該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う。これにより、波長が増設または減設されたことによるスペクトルの変動分は、平坦化制御によってより最適な状態に調整される。

【0 0 1 5】

ついで、立上げ時と同様に、プリエンファシス制御前の状態を測定または計算して保存する(ステップ153)。たとえば、ラマンアンプRMAはプリエンファシス制御前のスペクトルアナライザSPAが測定するプリエンファシス前の波長毎のパワーを保存する。

しかる後、送信端51においてプリエンファシスを行い(ステップ154)、プリエンファシス実行後、ラマンアンプRMAはプリエンファシス後の情報を収集する。例えば、スペクトルアナライザSPAが測定するプリエンファシス後の波長特性(波長毎のパワー)を保存する(ステップ155)。また、プリエンファシス後の波長毎のパワーとプリエンファシス前の波長毎のパワーとの差を演算して前回補正値 D_n に足し込んで新しい補正値として保存する(ステップ156)。以上により、波長増減設時における処理が終了する。以後、次の増減設などが起きるまではラマンアンプRMAの励起比率は動かさず、一定の励起光を出力しつづける。

波長増減設を行う毎に上記動作、制御を繰り返すことにより、プリエンファシスによるスペクトル形状の変化分を保持し、かつ、増減設によるスペクトル形状の変化分を補償するように制御を行うことが可能になる。

【0 0 1 6】

(C) 第1実施例の平坦化制御

図3は第1実施例の平坦化制御を説明するための最小限のノード構成図であり、61は光ファイバよりなる光伝送路、62は平坦化制御を行うラマンアンプ(RMA)、63は光信号を増幅する光増幅器、64は光増幅器の入力部あるいは出力部における各波長のパワーを検出するスペクトルアナライザ(SPA)である。

ラマンアンプ62は図15に示す従来と同様の構成を備えている。すなわち、WDM信

号光がラマンアンプ62の入力側から後方励起されたラマンアンプ増幅媒体62aに
入力する。波長多重部62bは中心波長が異なる励起光源ブロック62c₁, 62c₂, 62c₃か
らの波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p3}$ の励起光を多重して合波カプラ62dに入力する。合波カプラ6
2dは、波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p3}$ の励起光とWDM信号光とを合波してラマンアンプ増幅媒体6
2aに供給する。

スペクトルアナライザ64は光増幅器63の入力部あるいは出力部の波長毎のパワ
ーを検出して励起光制御部62eに入力する。励起光制御部62eは、スペクトルアナ
ライザ64の出力より波長特性の傾斜(チルト)を計算し、該波長特性と逆特性とな
るように各励起光のパワーを計算して励起光源ブロック62c₁, 62c₂, 62c₃に入力す
る。この結果、励起光源ブロック62c₁, 62c₂, 62c₃は入力されたパワーに応じた強さ
(励起比率)を有する波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p3}$ の励起光を発生し、光伝送路61で発生するチ
ルトを補正し、波長特性を平坦化して光増幅器63に入力する。

【0017】

図4、図5はそれぞれ第1実施例の初期立ち上げ時と増減設時におけるラマンアン
プとスペクトルアナライザの処理フローである。第1実施例では、プリエンファ
シス制御前後のスペクトラムアナライザ64からの情報(波長特性)をラマンアンプ
62が保持し、このプリエンファシス制御前後の波長特性の差分を補正值として計
算、保存し、増減設時に該補正值を用いて平坦化制御する。

図4の処理において、各ノードの光増幅器及びラマンアンプの立ち上げ後、スペ
クトルアナライザSPAは光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長特性(波
長毎のパワー)を測定してラマンアンプ62に入力し(ステップ201)、該ラマンアン
プによる平坦化制御の終了を待つ(ステップ202)。

一方、ラマンアンプ62の励起光制御部62eはスペクトルアナライザ64から波長毎
のパワーを受信すれば(ステップ251)、波長特性が平坦になるように平坦化制御
を実施し(ステップ252)、以後、プリエンファシス制御前の波長毎のパワー $D_{ln}(n=$
 $1, 2, 3, \dots)$ の受信を待つ(ステップ253)。なお、 n は波長番号である。

スペクトルアナライザ64は、ラマンアンプによる平坦化制御が終了すれば、プ
リエンファシス制御前の光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパ
ワー $D_{ln}(n=1, 2, 3, \dots)$ を測定してラマンアンプ62に通知し(ステップ203)、プリエ

ンファシス制御の完了を待つ(ステップ204)。プリエンファシス制御が完了すれば、光増幅器63の入力部あるいは出力部におけるパワーD2nを測定してラマンアンプ62に通知し(ステップ205)、初期立ち上げ時の制御を終了する。

ラマンアンプ62の励起光制御部62eはステップ253において、プリエンファシス制御前の波長毎のパワーD1n(n=1, 2, 3, …)の受信すれば保存し(ステップ254)、以後、プリエンファシス制御後の波長毎のパワーD2n(n=1, 2, 3, …)の受信を待つ(ステップ255)。そして、プリエンファシス制御後の波長毎のパワーD2n(n=1, 2, 3, …)を受信すれば保存し(ステップ256)、初期立ち上げ時の制御を終了する。なお、励起光制御部62eはD2nとD1nの差分Dn (=D2n-D1n)を演算し、補正值として保存しておくこともできる。

【0018】

図5の処理において、スペクトルアナライザ64は、波長増減設が発生したか監視し(ステップ211)、ラマンアンプの励起光制御部62eは、スペクトルアナライザ64から光増幅器の入力部あるいは出力部における波長毎のパワーPn(nは波長番号)を受信したか監視する(ステップ261)。

スペクトルアナライザ64は、波長増減設を検出すれば、光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパワーPnを測定してラマンアンプ62に通知し(ステップ212)、該ラマンアンプによる平坦化制御の終了を待つ(ステップ213)。

ラマンアンプの励起光制御部62eは、スペクトルアナライザ64から波長毎のパワーPnを受信すれば、各波長のパワーPn'を補正值Dnを用いて次式

$$\begin{aligned} P1n' &= Pn - Dn \\ &= Pn - (D2n - D1n) \end{aligned} \quad (1)$$

により演算し(ステップ262)、このPn'を用いて平坦化制御を行う(ステップ263)。以後、励起光制御部62eは、プリエンファシス制御前の波長毎のパワーD1n' (n=1, 2, 3, …)の受信を待つ(ステップ264)。

【0019】

スペクトルアナライザ64は、ラマンアンプによる平坦化制御が終了すれば、プリエンファシス制御前の光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパワーD1n' (n=1, 2, 3, …)を測定してラマンアンプ62に通知し(ステップ214)、プリ

エンファシス制御の完了を待つ(ステップ215)。プリエンファシス制御が完了すれば、光増幅器63の入力部あるいは出力部におけるパワー $D_{2n'}$ を測定してラマンアンプ62に通知し(ステップ216)、波長増減設時の制御を終了する。

ラマンアンプ62の励起光制御部62eは、ステップ264において、プリエンファシス制御前の波長毎のパワー $D_{1n'}$ ($n=1, 2, 3, \dots$)の受信すれば、該パワー $D_{1n'}$ を保存し(ステップ265)、以後、プリエンファシス制御後の波長毎のパワー $D_{2n'}$ ($n=1, 2, 3, \dots$)の受信を待つ(ステップ266)。そして、プリエンファシス制御後の波長毎のパワー $D_{2n'}$ ($n=1, 2, 3, \dots$)を受信すれば保存し(ステップ267)、波長増減設時の制御を終了する。励起光制御部62eは $D_{2n'}$ と $D_{1n'}$ の差分 D_n' ($=D_{2n'} - D_{1n'}$) を演算し、平坦化制御の補正值 D_n を新たに $D_n = D_n(\text{old}) + D_n'$ と置きかえて保存する。 $(D_n(\text{old})$ は前回の補正值 D_n)

【0 0 2 0】

(D) 第2実施例の平坦化制御

図6は第2実施例の平坦化制御を説明するための最小限のノード構成図であり、図3の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。異なる点は、スペクトルアナライザ64が各波長のパワー $P_{n'}$ を(1)式により演算して波長増減設時にラマンアンプ64に入力する点である。又、スペクトルアナライザ64は、スペクトル検出部64aと演算部64bを備えている。

図7、図8はそれぞれ第2実施例の初期立ち上げ時と増減設時におけるラマンアンプとスペクトルアナライザの処理フローである。第2実施例では、プリエンファシス制御前後の光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長特性をスペクトルアナライザ64が測定、保持し、波長増減設時に(1)式の演算を行って各波長のパワー $P_{n'}$ をラマンアンプ64に入力する。

【0 0 2 1】

図7の処理において、各ノードの光増幅器及びラマンアンプの立ち上げ後、スペクトルアナライザ64は光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長特性(波長毎のパワー)を測定してラマンアンプ62に入力し(ステップ301)、該ラマンアンプによる平坦化制御の終了を待つ(ステップ302)。

一方、ラマンアンプ62の励起光制御部62eはスペクトルアナライザ64から波長毎

のパワーを受信すれば(ステップ351)、波長特性が平坦になるように平坦化制御を実施し(ステップ352)、初期立ち上げ時の制御を終了する。

一方、スペクトルアナライザ64は、ラマンアンプによる平坦化制御が終了すれば、プリエンファシス制御前の光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパワー $D1n$ ($n=1, 2, 3, \dots$)を測定して保存すると共に(ステップ303)、プリエンファシス制御の完了を待つ(ステップ304)。なお、 n は波長番号である。

ついで、プリエンファシス制御が完了すれば、光増幅器63の入力部あるいは出力部におけるパワー $D2n$ を測定して保存し(ステップ305)、初期立ち上げ時の制御を終了する。この場合、スペクトルアナライザ64の演算部64bは、予め $D2n$ と $D1n$ の差分 Dn ($=D2n-D1n$)を演算し、補正值として保存しておくこともできる。

【0022】

図8の処理において、スペクトルアナライザ64は波長増減設が発生したか監視し(ステップ311)、ラマンアンプの励起光制御部62eはスペクトルアナライザ64から各波長のパワー Pn' を受信するのを待つ(ステップ361)。

スペクトルアナライザ64は、波長増減設を検出すれば、光増幅器の入力部あるいは出力部における波長毎のパワー Pn を測定する(ステップ312)。ついで、スペクトルアナライザ64の演算部64bは、(1)式により補正值 Dn ($=D2n-D1n$)を用いて各波長のパワー Pn' を演算し(ステップ313)、ラマンアンプ62に通知し(ステップ314)、該ラマンアンプによる平坦化制御の終了を待つ(ステップ315)。

ラマンアンプの励起光制御部62eは、スペクトルアナライザ64から波長毎のパワー Pn' を受信すれば、 Pn' を用いて平坦化制御を行い(ステップ362)、波長増減設時の制御を終了する。

スペクトルアナライザ64は、ラマンアンプによる平坦化制御が終了すれば、プリエンファシス制御前の光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパワー $D1n'$ ($n=1, 2, 3, \dots$)を測定して保存し(ステップ316)、プリエンファシス制御の完了を待つ(ステップ317)。プリエンファシス制御が完了すれば、光増幅器63の入力部あるいは出力部におけるパワー $D2n'$ を測定して保存し(ステップ318)、波長増減設時の制御を終了する。スペクトルアナライザ64の演算部64bは、 $D2n'$ と $D1n'$ の差分 Dn' ($=D2n'-D1n'$)を演算し、平坦化制御の補正值 Dn を新たに D

$n = D_n(\text{old}) + D_n'$ と置きかえて保存する。(Dn(old)は前回の補正值Dn)

【0023】

(E) 第3実施例の平坦化制御

図9は第3実施例の平坦化制御を説明するための波長多重光伝送システムの構成図であり、送信端51と受信端52との間に光信号を増幅すると共にチャネル間偏差を補償するための多数の中継局53a～53dが設けられている。送信端であるノードA、中継局53a～53dであるノードB～E、受信端52であるノードFには、光増幅器63、監視制御部71が設けられ、適宜、ラマンアンプ62、スペクトルアナライザ64が設けられている。又、送信端51には図14で説明したプリエンファシス制御回路51a、光減衰器51bが設けられ、受信端52には光SNR測定回路54bが設けられている。

図10、図11はそれぞれ第3実施例の初期立ち上げ時と増減設時におけるラマンアンプ、スペクトルアナライザ、監視制御部の処理フローである。第3実施例では、プリエンファシス制御前後の光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長特性を監視制御部71が保存し、増減設時に補正值Dnを演算してラマンアンプ64に投入し、ラマンアンプが(1)式に従ってPn'を計算して平坦化制御を実行する。

【0024】

図10の処理において、各ノードの光増幅器及びラマンアンプの立ち上げ後、スペクトルアナライザ64は光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長特性(波長毎のパワー)を測定してラマンアンプ62に投入し(ステップ401)、該ラマンアンプによる平坦化制御の終了を待つ(ステップ402)。

一方、ラマンアンプ62はスペクトルアナライザ64から波長毎のパワーを受信すれば(ステップ451)、波長特性が平坦になるように平坦化制御を実施し(ステップ452)、初期立ち上げ時の制御を終了する。

スペクトルアナライザ64は、ラマンアンプによる平坦化制御が終了すれば、プリエンファシス制御前の光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパワー $D1n(n=1, 2, 3, \dots)$ を測定して監視制御部71に通知し(ステップ403)、プリエンファシス制御の完了を待つ(ステップ404)。なお、nは波長番号である。プリエンファシス制御が完了すれば、光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパワー $D2n$ を測定して監視制御部71に通知し(ステップ405)、初期立ち

上げ時の制御を終了する。

監視制御部71は、プリエンファシス制御前の波長毎のパワー $D1n$ ($n=1, 2, 3, \dots$)の受信を待ち(ステップ481)、スペクトルアナライザ64より、波長毎のパワー $D1n$ を受信すれば保存し(ステップ482)、プリエンファシス制御後の波長毎のパワー $D2n$ ($n=1, 2, 3, \dots$)の受信を待つ(ステップ483)。そして、プリエンファシス制御後の波長毎のパワー $D2n$ ($n=1, 2, 3, \dots$)を受信すれば保存し(ステップ484)、初期立ち上げ時の制御を終了する。なお、監視制御部71は $D2n$ と $D1n$ の差分 Dn ($=D2n-D1n$)を演算し、補正值として保存しておくこともできる。

【0025】

図11の処理において、スペクトルアナライザ64及び監視制御部71は共に、波長増減設が発生したか監視する(ステップ411、491)。又、ラマンアンプ62は、スペクトルアナライザ64から光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパワー Pn (n は波長番号)を受信したか監視すると共に、監視制御部71から補正值 Dn を受信したか監視する(ステップ461)。

スペクトルアナライザ64は、波長増減設を検出すれば、光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパワー Pn を測定してラマンアンプ62に通知し(ステップ412)、該ラマンアンプによる平坦化制御の終了を待つ(ステップ413)。又、監視制御部71は、波長増減設を検出すれば、保存してあるプリエンファシス制御前後の波長特性 $D1, D2n$ の差分 Dn ($=D2n-D1n$)を補正值として演算し、該補正值をラマンアンプ62に通知し(ステップ492)、プリエンファシス制御前の波長毎のパワー $D1n$ ($n=1, 2, 3, \dots$)の受信を待つ(ステップ493)。

ラマンアンプ62は、スペクトルアナライザ64より波長毎のパワー Pn を受信し、かつ、監視制御部71より補正值 Dn を受信すれば、(1)式に従って波長毎のパワー Pn' を演算し(ステップ462)、このパワー Pn' を用いて平坦化制御を行い(ステップ463)、増減設時の制御を終了する。

【0026】

スペクトルアナライザ64は、ラマンアンプ62による平坦化制御が終了すれば、プリエンファシス制御前の光増幅器63の入力部あるいは出力部における波長毎のパワー $D1n'$ ($n=1, 2, 3, \dots$)を測定して監視制御部71に通知し(ステップ414)、プリ

エンファシス制御の完了を待つ(ステップ415)。スペクトルアナライザ64は、プリエンファシス制御が完了すれば、光増幅器63の入力部あるいは出力部におけるパワー $D_{2n'}$ を測定して監視制御部71に通知し(ステップ416)、波長増減設時の制御を終了する。

監視制御部71は、ステップ493において、プリエンファシス制御前の波長毎のパワー $D_{1n'}$ ($n=1, 2, 3, \dots$)の受信すれば、該パワー $D_{1n'}$ を保存し(ステップ494)、以後、プリエンファシス制御後の波長毎のパワー $D_{2n'}$ ($n=1, 2, 3, \dots$)の受信を待つ(ステップ495)。そして、プリエンファシス制御後の波長毎のパワー $D_{2n'}$ ($n=1, 2, 3, \dots$)を受信すれば保存し(ステップ496)、波長増減設時の制御を終了する。監視制御部71は $D_{2n'}$ と $D_{1n'}$ の差分 D_n' ($=D_{2n'} - D_{1n'}$)を演算し、平坦化制御の補正值 D_n を新たに $D_n = D_n(\text{old}) + D_n'$ と置きかえて保存する。 $(D_n(\text{old})$ は前回の補正值 D_n)

【0027】

(F) 第4実施例の平坦化制御

図12は第4実施例の平坦化制御を説明するための波長多重光伝送システムの構成図であり、図9の波長多重光伝送システムと同一部分には同一符号を付している。図9のシステムと異なる点は、第3実施例では監視制御部が補正值 D_n を演算しているが、第4実施例では、外部制御装置81を設け、該外部制御装置81が補正值 D_n を演算して各ノードのラマンアンプ63に送信する点である。

外部制御装置81はパソコン構成になっており、ノードFの監視制御部71に接続し、該監視制御部及び上り、下りリンクを介して監視制御信号を各ノードと送受可能になっている。図13はノード間の監視制御信号送受の説明図である。

隣接する2つの第1、第2ノード101, 102はノードEW側リンク(上りリンク)103とWE側リンク(下りリンク)104で接続されている。各ノードには上り、下りの光増幅器111, 112が設けられ、その前後には分波部113, 114、合波器115, 116が設けられている。分波器113, 114は監視制御信号に割り当てた波長の光を分波し、該波長光をO/E変換部(光・電気変換部)117, 118を介して監視制御部119に入力する。監視制御部119は受信した監視制御信号に含まれる補正值 D_n を抽出してラマンアンプ64に入力する制御や光増幅器111, 112のスロープ補正の実施、不実施の制御、その他の制御

を実施する。又、監視制御部119は、プリアンファシス制御前後の光増幅器のパワー $D1n$, $D2n$ をスペクトルアナライザ64から受信して、監視制御信号に含めてE/O変換部121, 122に入力する。E/O変換部121, 122は監視制御信号を所定の波長の光に変換し、合波器115, 116はWDM主信号光と監視制御信号光を合波して隣接ノードに向けて送信する。なお、図13においてラマンアンプ、スペクトルアナライザは図示しないが適宜、分波器113, 114と光増幅器111, 112の間に挿入される。

【0028】

図12において、各ノードの監視制御部71はプリアンファシス制御前後のパワーデータ $D1n$, $D2n$ を監視制御信号で外部制御装置81に通知する。外部制御装置81は、各ノードの監視制御部71より受信したパワーデータ $D1n$, $D2n$ を用いてノード毎に補正值 Dn を演算して保存する。

そして、波長増減設時、外部制御装置81は監視制御信号を用いて各ノードのラマンアンプ62の補正值 Dn を監視制御部71を介して該ラマンアンプに通知する。ラマンアンプ62は、波長増減設時の光パワー均一化制御において、光増幅器63のパワー Pn から受信した補正值 Dn を減算した値 Pn' を用いて光パワー均一化制御を行う。

【0029】

(G) 変形例

以上では、光増幅器63の入力部あるいは出力部における光パワーに基づいて補正值 Dn を算出したが、光SNR均一化制御前の送信端における各波長の光パワー減衰量と、光SNR均一化制御後の送信端における各波長の光パワー減衰量との差分により前記補正值を取得するように構成することもできる。この場合、監視制御信号を用いて各波長の光パワー減衰量を各ノードのラマンアンプへ通知する。

【0030】

・付記

(付記1) 光損失媒質と該光損失媒質における損失を補償するための光増幅器やラマンアンプが従属接続された波長多重光伝送システムにおいて、

ラマンアンプの励起比率を調整することにより次段の光増幅器に入力する光パワーレベルを均一にするパワーレベル均一化手段、

送信端にてパワーレベルを調整して受信端の光SNRを均一にする光SNR均一化手段、

光SNR均一化制御の前後における各波長のパワー変化分を表す補正值を取得する補正值取得手段、

を備え、

前記パワーレベル均一化手段は、ラマンアンプでのパワーレベル均一化制御に際して、前回の光SNR均一化制御前後における各波長のパワー変化分を表わす前記補正值を使用して均一化制御を行い、しかる後、前記光SNR均一化手段は光SNR均一化制御を行う、

ことを特徴とする波長多重光伝送システム。

(付記 2) 前記補正值取得手段は、スペクトルアナライザが検出した光SNR均一化制御前後における各波長の光パワーの差分を前記補正值として算出する、

ことを特徴とする付記1記載の波長多重光伝送システム。

(付記 3) 前記光SNR均一化手段は光SNR均一化制御に使用する光可変アッテネータを備え、

前記補正值取得手段は、光SNR均一化制御前の送信端における各波長の光パワー減衰量と、光SNR均一化制御後の送信端における各波長の光パワー減衰量との差分により前記補正值を取得する、

ことを特徴とする付記 1 記載の波長多重光伝送システム。

(付記 4) 前記補正值取得手段をラマンアンプ側に設け、該補正值取得手段は、光パワー均一化制御時にスペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正值を減算し、ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とする付記 2 記載の波長多重光伝送システム。

(付記 5) 前記補正值取得手段をスペクトルアナライザ側に設け、該補正值取得手段は、光パワー均一化制御時にスペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正值を減算して減算結果をラマンアンプに入力し、ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とする付記 2 記載の波長多重光伝送システム。

(付記 6) 前記補正值取得手段は、中継局に設けられた監視制御装置であり、監視制御装置は、ラマンアンプに設けられたスペクトルアナライザが検出した光 SNR 均一化制御前後における各波長の光パワーの差分を前記補正值として算出し、光パワー均一化制御に際して、該スペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正值を減算して減算結果をラマンアンプに入力し、

ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とする付記 1 記載の波長多重光伝送システム。

(付記 7) 監視制御信号を各中継局と送受信可能な外部制御装置を備え、

該外部制御装置は光 SNR 均一化制御前後の光パワーデータを入力されて前記補正值を計算し、ラマンアンプによる前記光パワー均一化制御に際して監視制御信号を用いて該補正值をラマンアンプに送付し、ラマンアンプは該光パワー均一化制御時における光パワーデータから前記補正值を減算した値を用いて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とする付記 1 記載の波長多重光伝送システム。

(付記 8) 光損失媒質と該光損失媒質における損失を補償するための光増幅器やラマンアンプが従属接続された波長多重光伝送システムの中継局において、

ラマンアンプの励起比率を調整することにより次段の光増幅器に入力する光パワーレベルを均一にするパワーレベル均一化手段、

受信端の光 SNR を均一にするための送信端における光 SNR 均一化制御前後における各波長のパワー変化分を表す補正值を取得する補正值取得手段、

を備え、

前記パワーレベル均一化手段は、ラマンアンプでのパワーレベル均一化制御に際して、前回の光 SNR 均一化制御において取得した前記補正值を使用して均一化を行う、

ことを特徴とする波長多重光伝送システムの中継局。

(付記 9) 前記補正值取得手段は、スペクトルアナライザが検出した光 S

NR均一化制御前後における各波長の光パワーの差分を前記補正值として算出する

ことを特徴とする付記8記載の中継局。

(付記10) 前記補正值取得手段をラマンアンプ側に設け、該補正值取得手段は、光パワー均一化制御時にスペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正值を減算し、ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とする付記9載の中継局。

(付記11) 前記補正值取得手段をスペクトルアナライザ側に設け、該補正值取得手段は、光パワー均一化制御時にスペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正值を減算して減算結果をラマンアンプに入力し、ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とする付記9記載の中継局。

(付記12) 前記補正值取得手段は、中継局に設けられた監視制御装置であり、該監視制御装置は、ラマンアンプに設けられたスペクトルアナライザが検出した光SNR均一化制御前後における各波長の光パワーの差分を前記補正值として算出し、光パワー均一化制御に際してスペクトルアナライザが検出した各波長の光パワーから前記補正值を減算して減算結果をラマンアンプに入力し、

ラマンアンプは該減算結果に基づいて光パワー均一化制御を行う、

ことを特徴とする付記8記載の中継局。

【0031】

【発明の効果】

以上の本発明の波長多重光伝送システム及び中継局によれば、前回のプリエンファシス後のスペクトルを保ちつつ、かつ、増設した波長に対してはできる限り平坦になるように増設後の平坦化制御を行うことができる。

又、本発明によれば、平坦化後に光プリエンファシス制御を行うため光プリエンファシス制御に負担を掛けないようにすることができる。

また、本発明によれば、監視制御部や外部制御装置に補正值の演算、保存制御を行わせることができ、ラマンアンプの負担を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明の初期立ち上げ時及び波長増減設時の全体の処理フローである。

【図 2】

波長多重光伝送システムである。

【図 3】

第1実施例の平坦化制御を説明するための最小限のノード構成図である。

【図 4】

第1実施例の初期立ち上げ時におけるラマンアンプとスペクトルアナライザの処理フローである。

【図 5】

第1実施例の波長増減設時におけるラマンアンプとスペクトルアナライザの処理フローである。

【図 6】

第2実施例の平坦化制御を説明するための最小限のノード構成図である。

【図 7】

第2実施例の初期立ち上げ時におけるラマンアンプとスペクトルアナライザの処理フローである。

【図 8】

第2実施例の波長増減設時におけるラマンアンプとスペクトルアナライザの処理フローである。

【図 9】

第3実施例の平坦化制御を説明するための波長多重光伝送システムの構成図である。

【図 10】

第3実施例の初期立ち上げ時におけるラマンアンプ、スペクトルアナライザ、監視制御部の処理フローである。

【図 11】

第3実施例の波長増減設時におけるラマンアンプ、スペクトルアナライザ、監

視制御部の処理フローである。

【図 1 2】

第 4 実施例の平坦化制御を説明するための波長多重光伝送システムの構成図である。

【図 1 3】

ノード間の監視制御信号送受の説明図である。

【図 1 4】

光プリアンファシス制御の説明図である。

【図 1 5】

ラマンアンプの平坦化制御の構成図である。

【図 1 6】

第 1 の励起光波長と利得の関係図である。

【図 1 7】

第 2 の励起光波長と利得の関係図である。

【符号の説明】

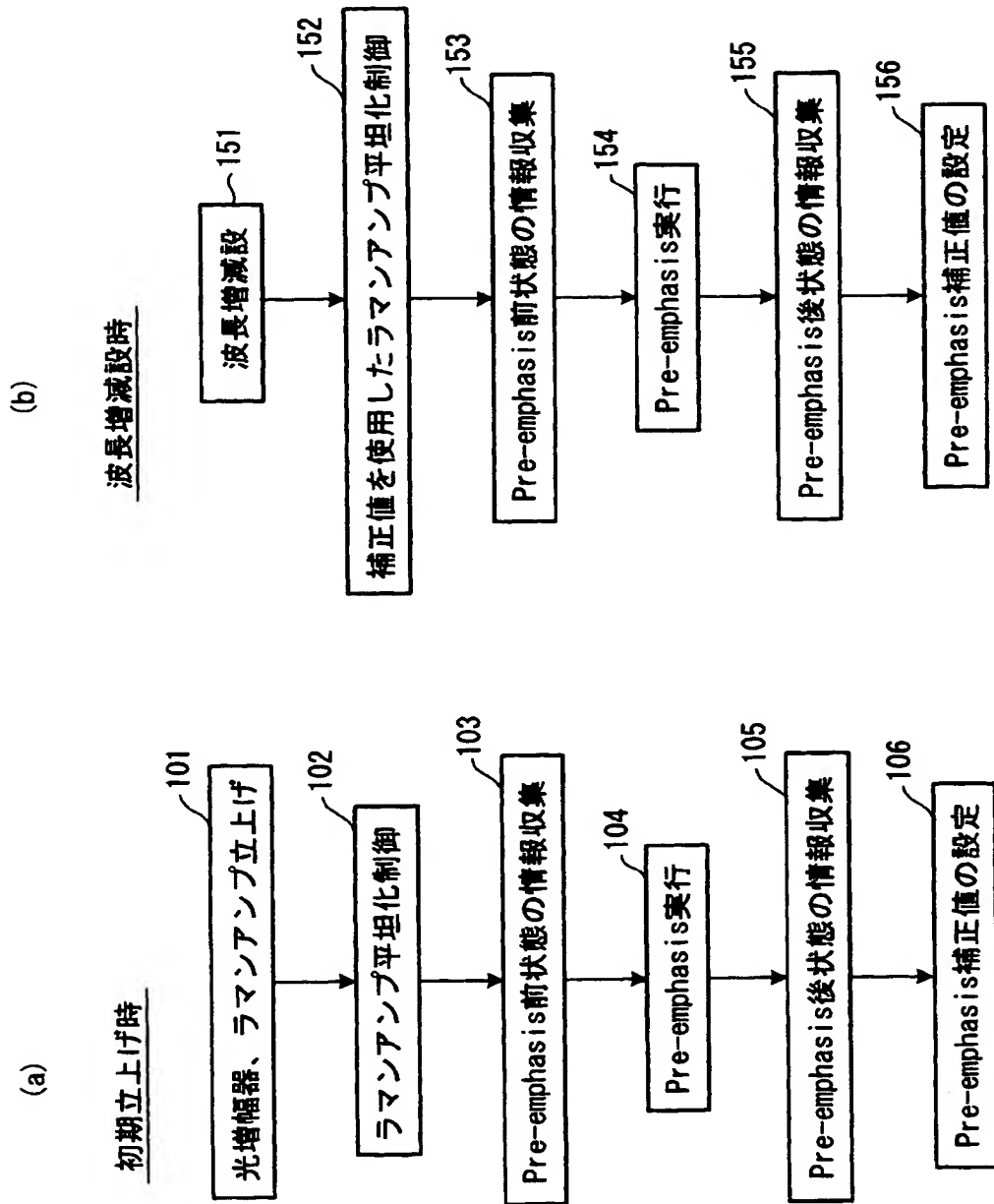
- 61 光ファイバよりなる光伝送路
- 62 平坦化制御を行うラマンアンプ (RMA)
- 63 光信号を増幅する光増幅器
- 64 スペクトルアナライザ (SPA)

【書類名】

図面

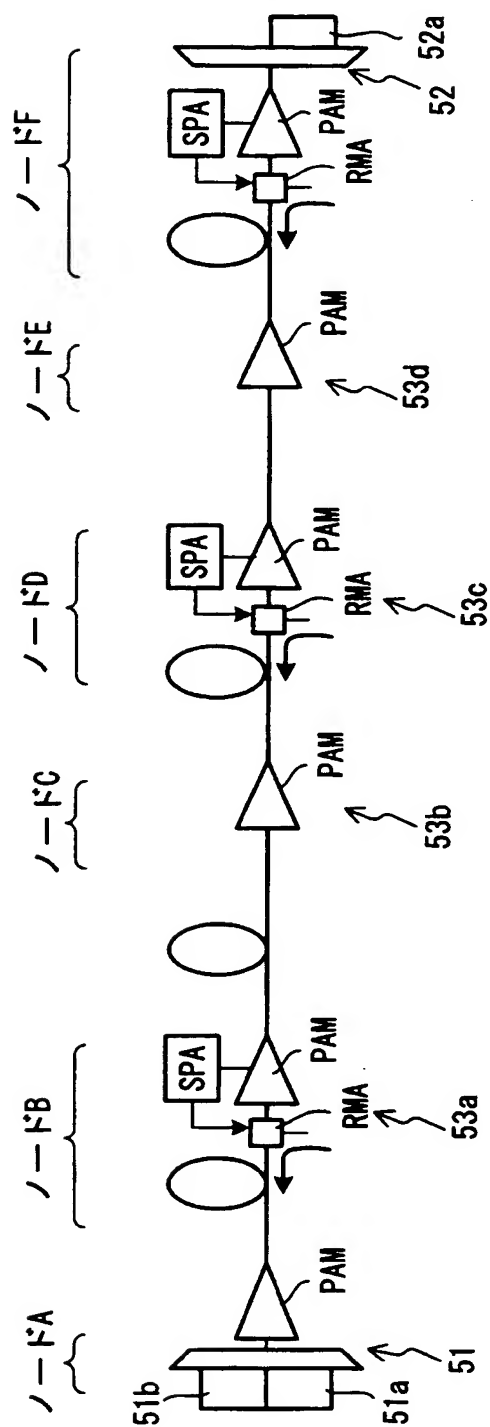
【図 1】

本発明の初期立上げ時、増減設時の全体の制御の流れ



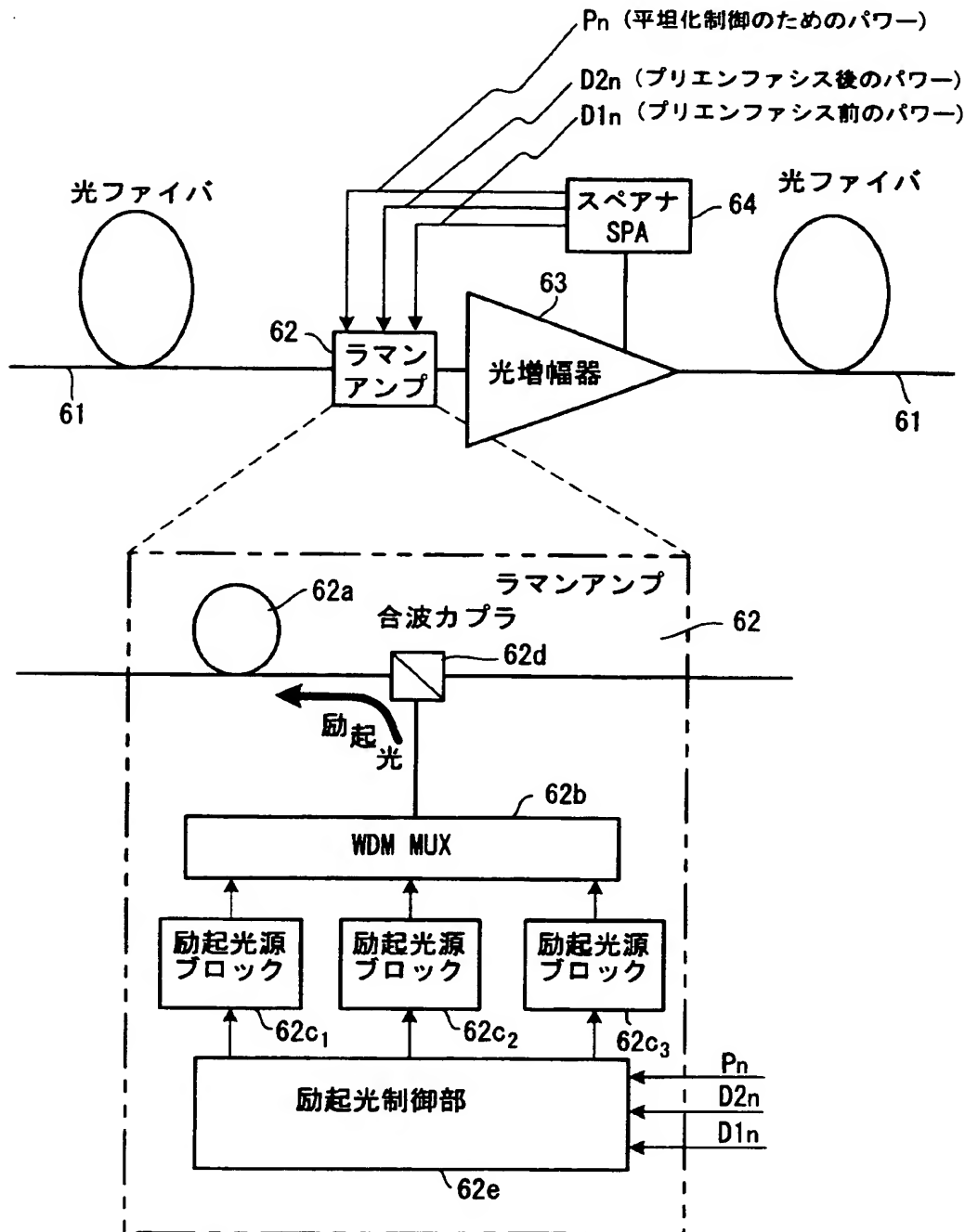
【図 2】

波長多重光伝送システム

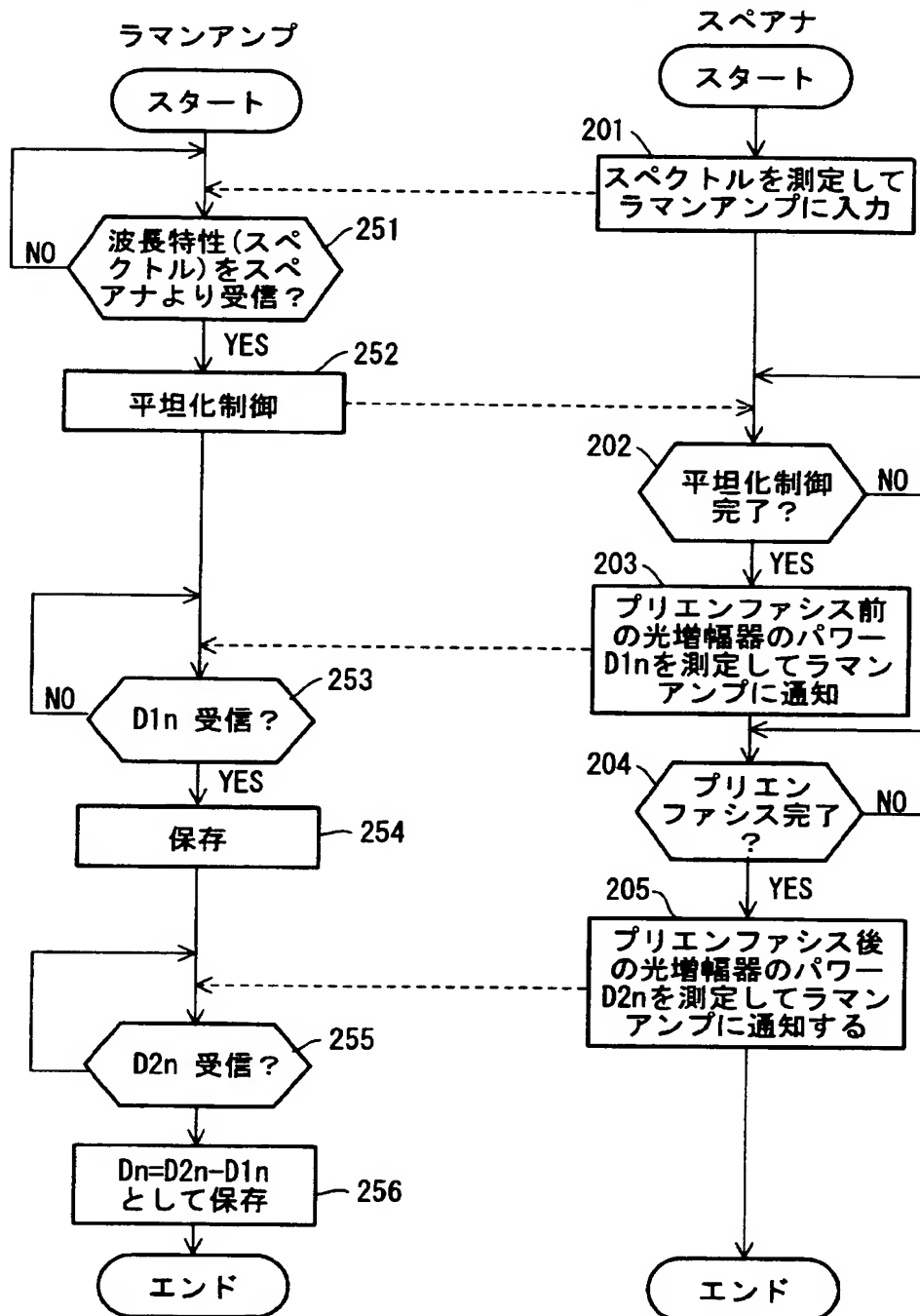


【図 3】

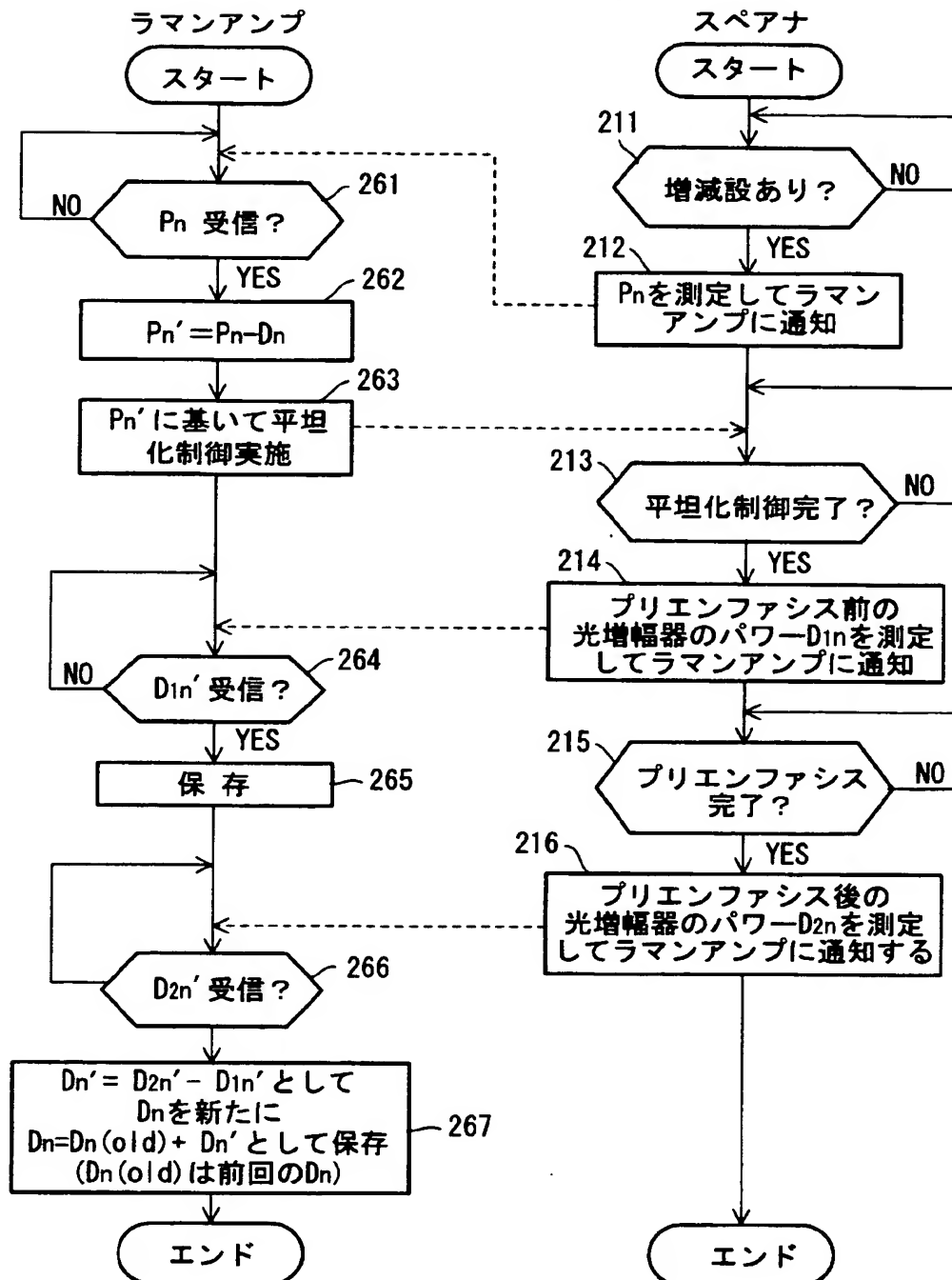
第1実施例の平坦化制御を説明するための最小限のノード構成図



【図 4】

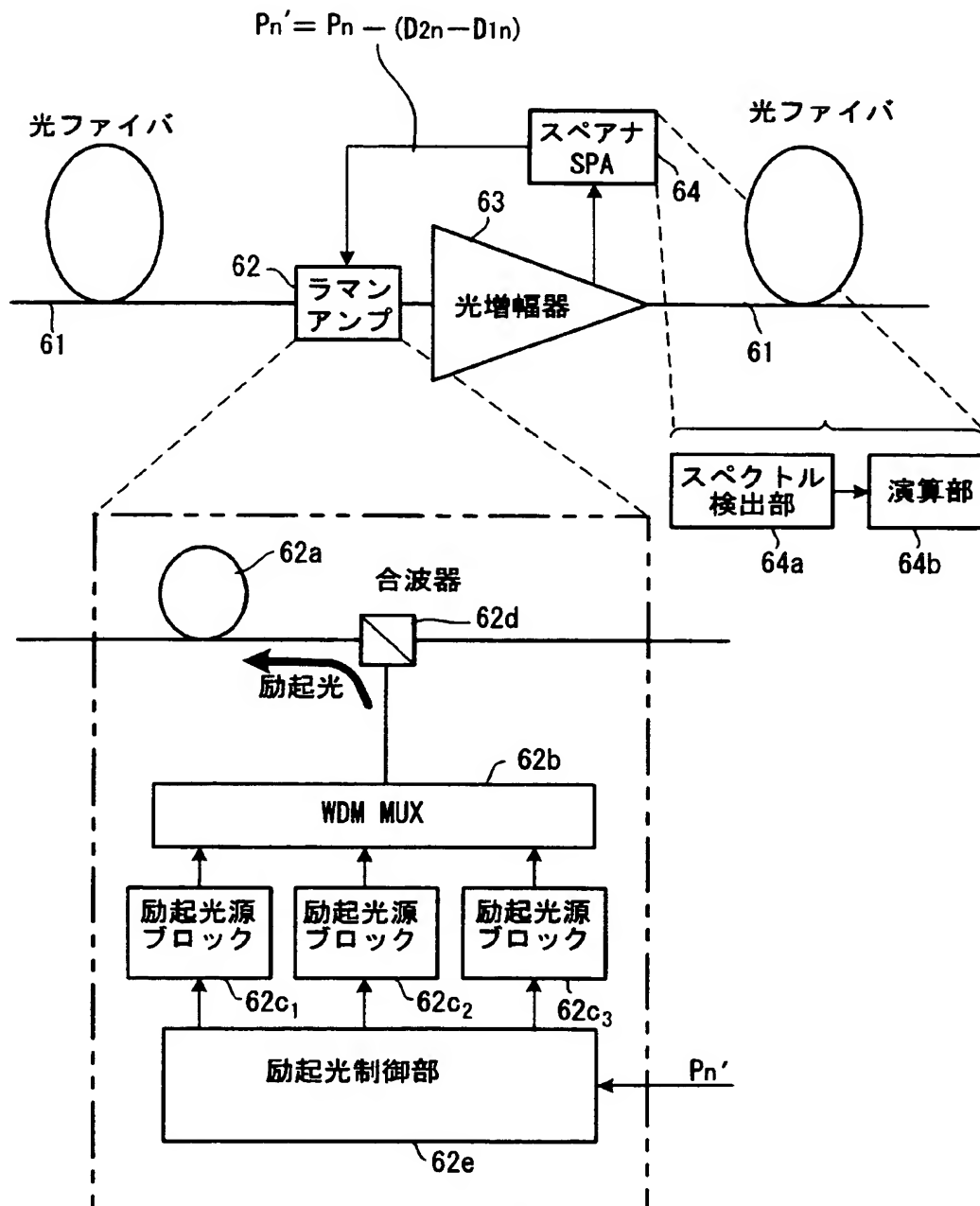
第 1 実施例の初期立上げ時の
ラマンアンプとスペアナの処理フロー

【図 5】

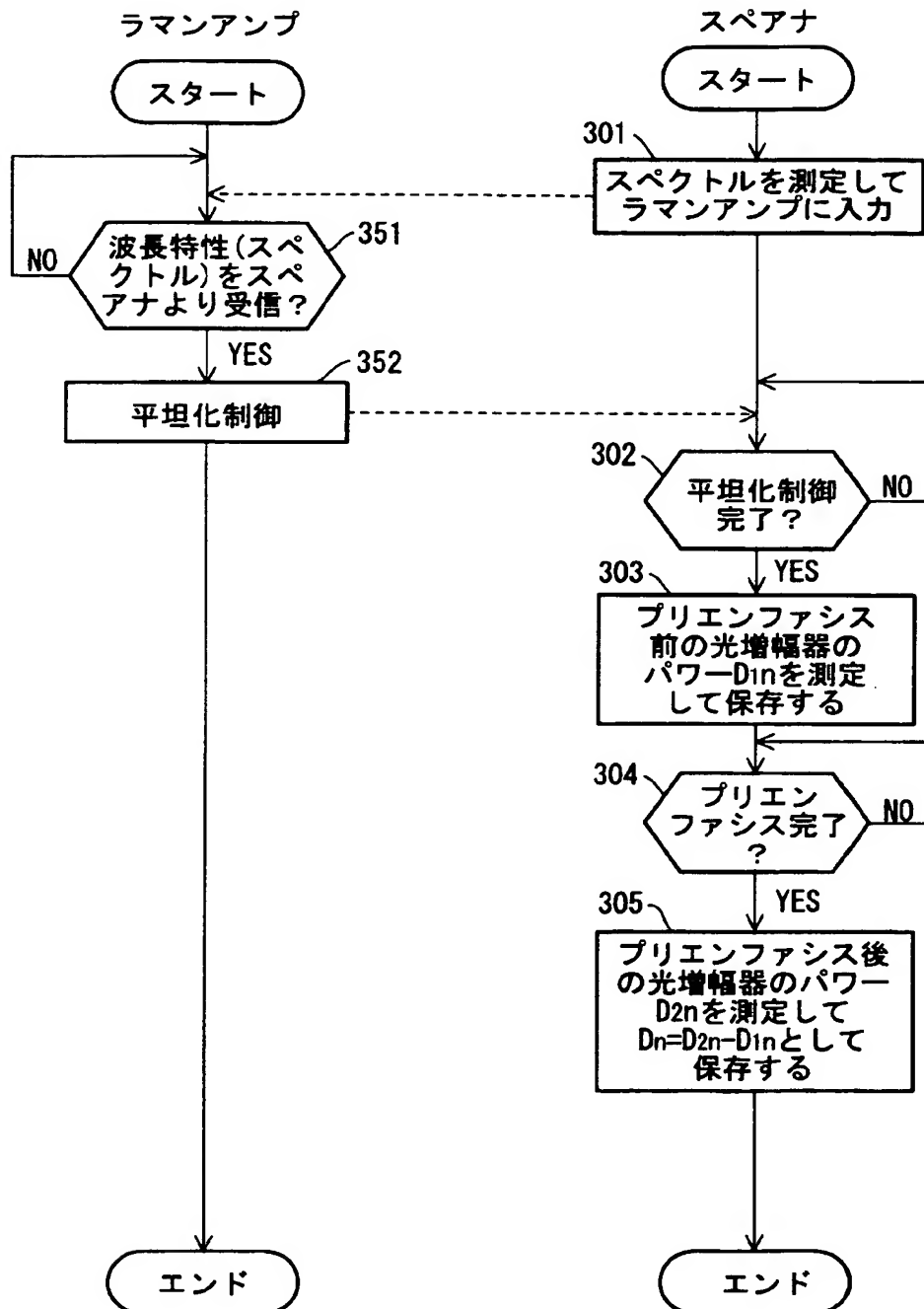
第 1 実施例の波長増減設時の
ラマンアンプとスペアナの処理フロー

【図 6】

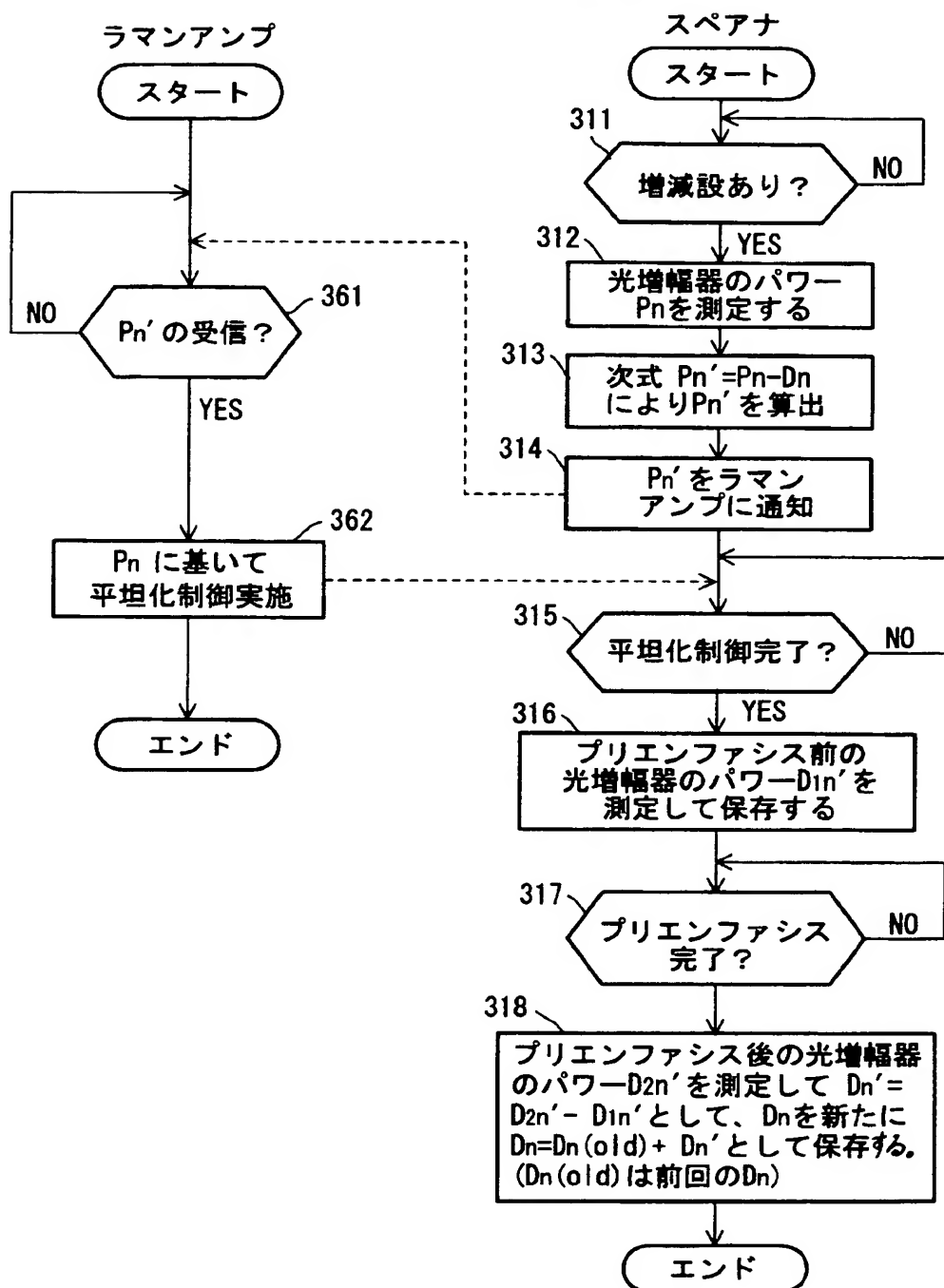
第 2 実施例の平坦化制御を説明するための最小限のノード構成図



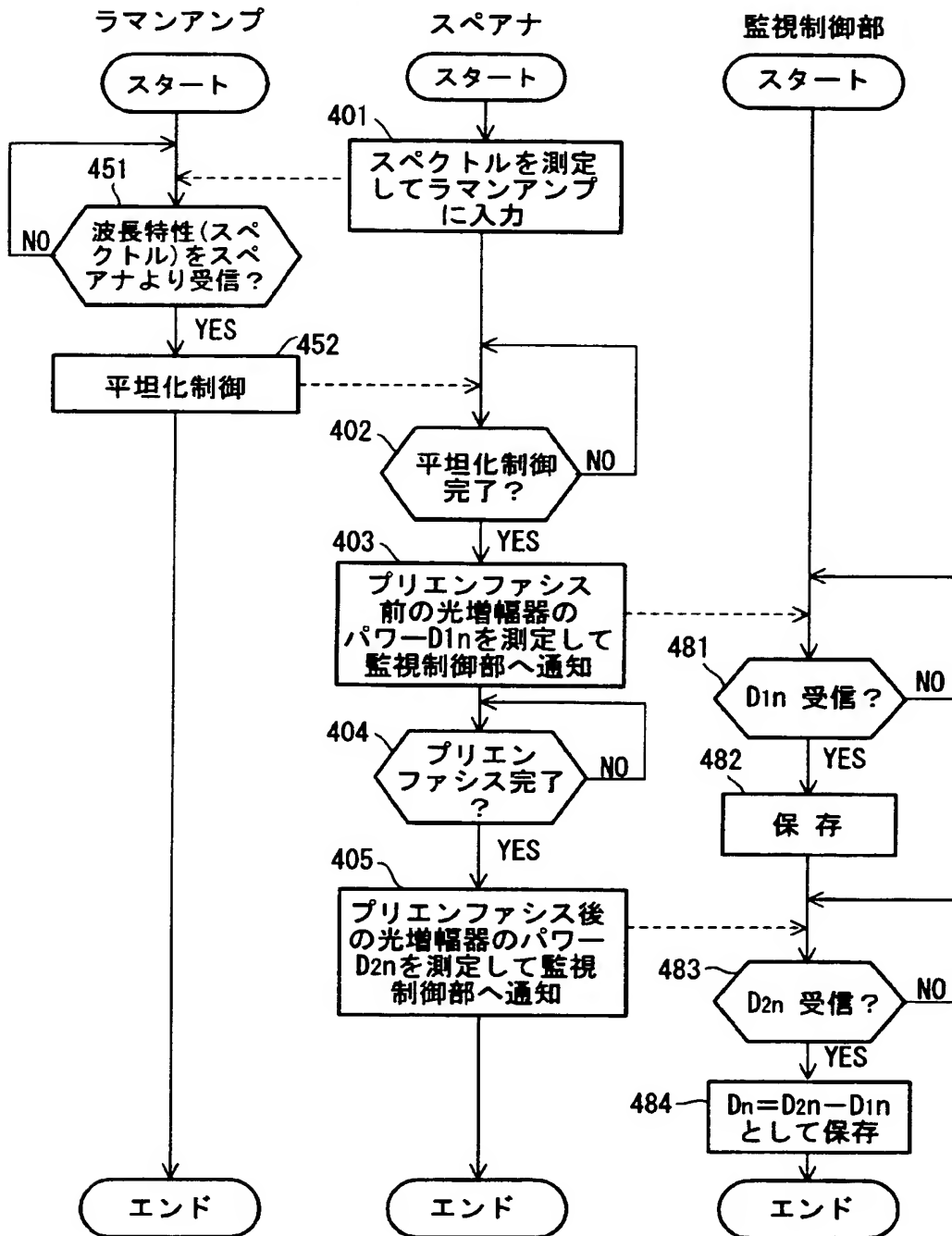
【図 7】

第2実施例の初期立上げ時の
ラマンアンプとスペアナの処理フロー

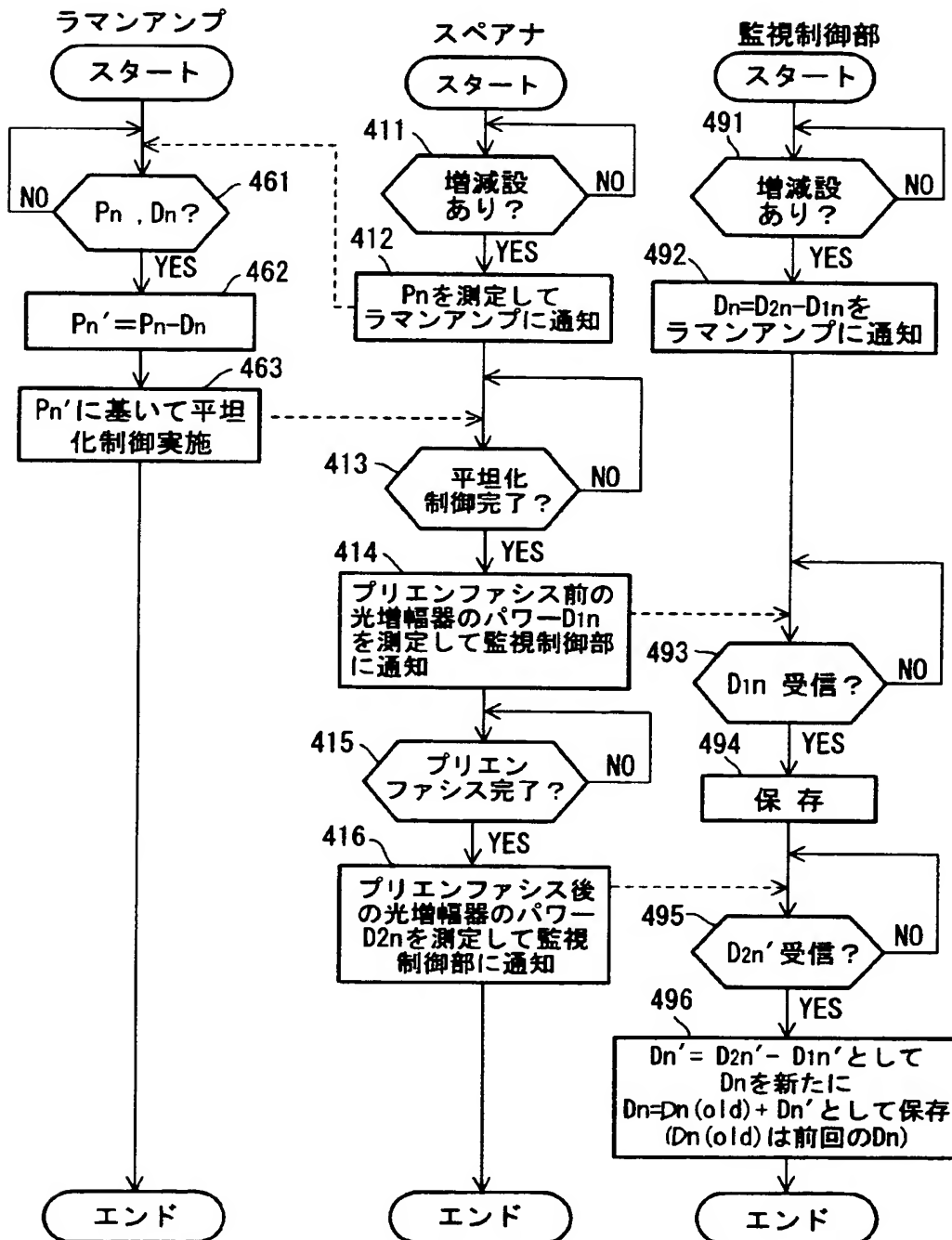
【図 8】

第2実施例の波長増減設時の
ラマンアンプとスペアナの処理フロー

【図 10】

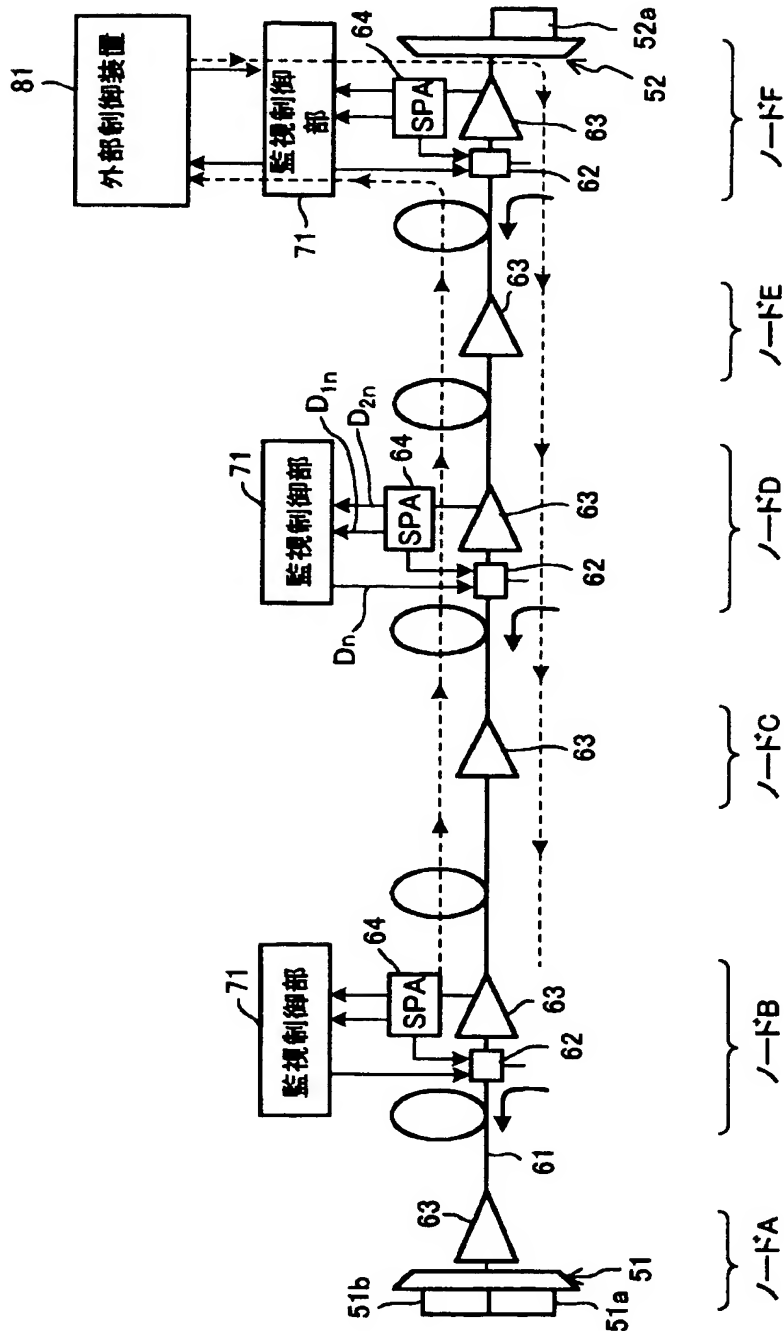
第3実施例の初期立上げ時のラマンアンプ、
スペアナ、監視制御部の処理フロー

【図 11】

第3実施例の波長増減設時のラマンアンプ、
スペアナ、監視制御部の処理フロー

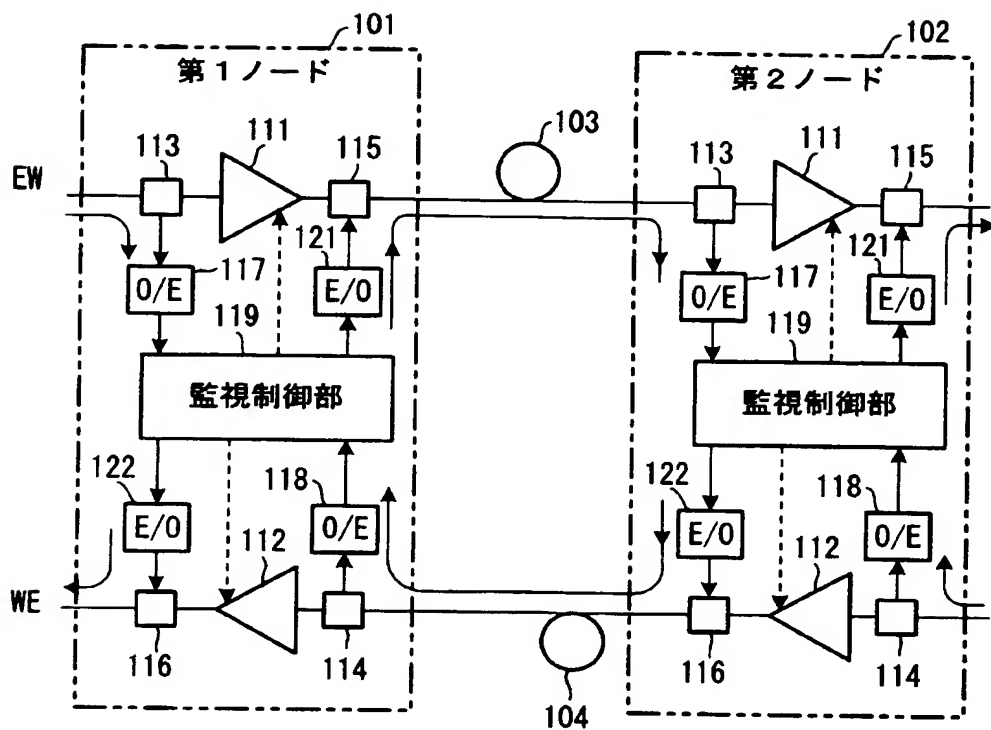
【図 12】

第4実施例の平坦化制御を実施するための
波長多重光伝送システム



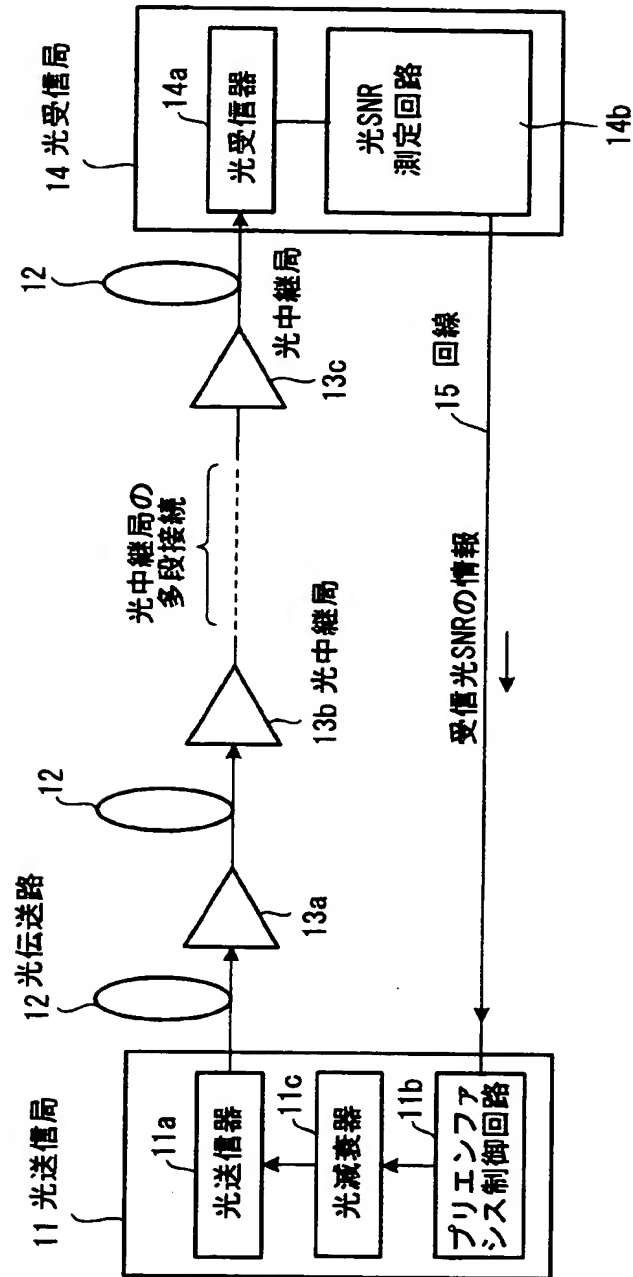
【図 13】

監視制御信号送受の説明図



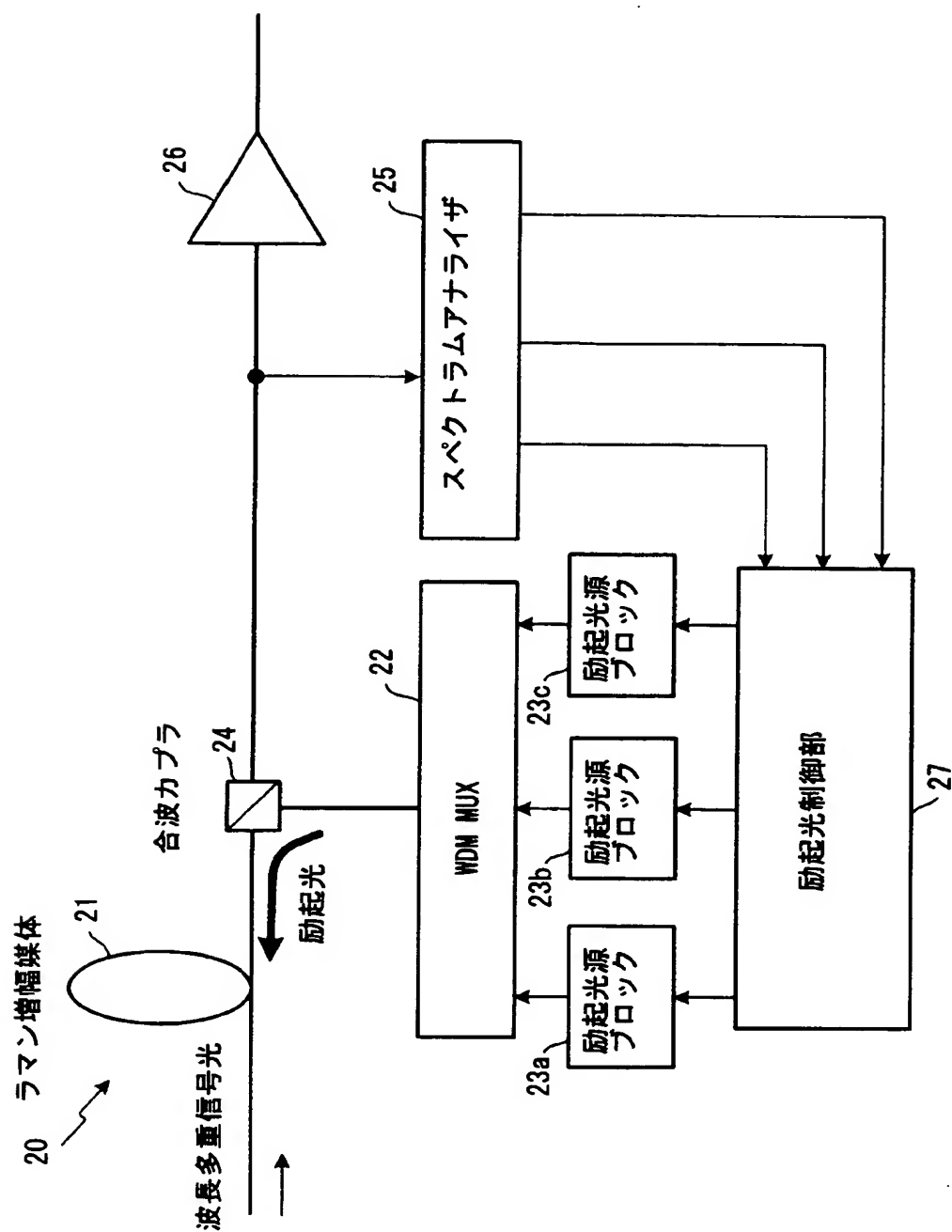
【図 14】

光プリエンファシス制御の説明図



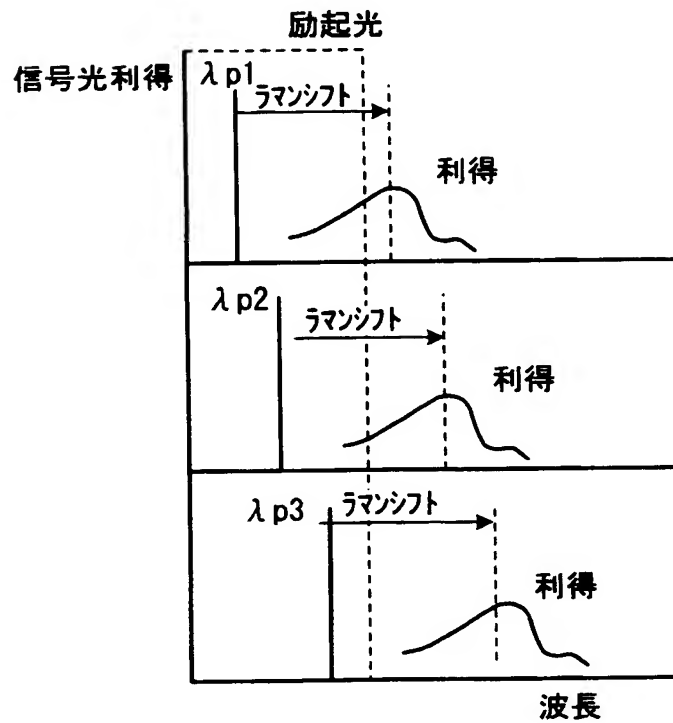
【図 15】

ラマンアンプの平坦化制御の構成図



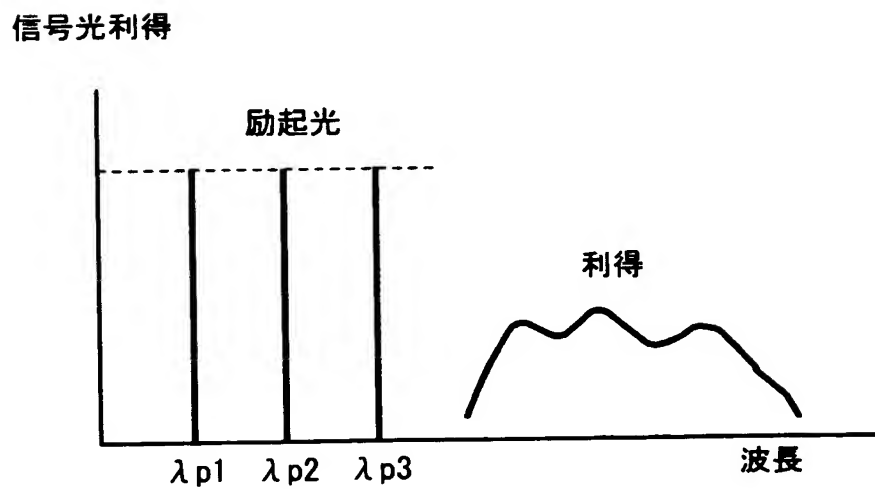
【図 16】

励起波長と利得の関係図(その1)



【図 17】

励起波長と利得の関係図(その2)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 前回のプリアンファシス後のスペクトルを保ちつつ、かつ、増減設した波長に対してはできる限り平坦になるように増減設後の平坦化制御を行えるようにする。

【解決手段】 ラマンアンプの励起比率を調整することにより次段の光増幅器に入力する光パワーレベルを均一にするパワーレベル均一化手段、送信端にてパワーレベルを調整して受信端の光SNRを均一にする光SNR均一化手段、光SNR均一化制御前後における各波長のパワー変化分を表す補正値を取得する補正値取得手段を設け、パワーレベル均一化手段は、ラマンアンプでのパワーレベル均一化制御に際して、前回の光SNR均一化制御前後における各波長のパワー変化分を表わす補正値を使用して均一化制御を行い、しかる後、光SNR均一化手段は光SNR均一化制御を行う。

【選択図】 図3

特願 2 0 0 2 - 3 0 6 8 0 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

- | | |
|-----------|-----------------------------|
| 1 . 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 2 4 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 神奈川県川崎市中原区上小田中 1 0 1 5 番地 |
| 氏 名 | 富士通株式会社 |
| | |
| 2 . 変更年月日 | 1 9 9 6 年 3 月 2 6 日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 |
| 氏 名 | 富士通株式会社 |